

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-345758  
(P2001-345758A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001.12.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
H 0 4 B 10/17		C 0 2 F 1/35	S 0 1 2 K 0 0 2
10/16		H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
G 0 2 F 1/35	5 0 1	H 0 4 B 9/00	J 5 K 0 0 2
H 0 1 S 3/10			E
H 0 4 J 14/00			

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-162623(P2000-162623)

(22) 出願日 平成12年5月31日(2000.5.31)

(71) 出願人 000208891

ケイディーディーアイ株式会社  
東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

(71) 出願人 595162345

ケイディディ海底ケーブルシステム株式会  
社

東京都新宿区西新宿3丁目7番1号

(72) 発明者 釣谷 剛宏

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

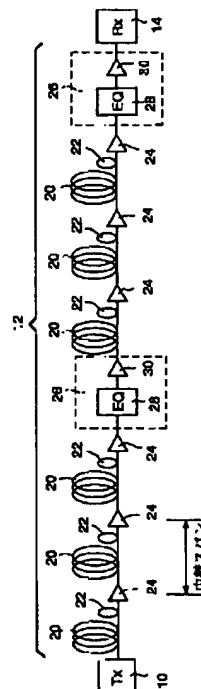
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム及び方法並びに光増幅伝送路

(57) 【要約】

【課題】 WDM伝送の伝送特性を改善する。

【解決手段】 光送信装置10は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光を波長多重して光伝送路12に出力する。各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光の光パワーは同じか、又は、短波長ほど光パワーが小さい。光伝送路12の1中継スパンは、光ファイバ20、22及び光増幅器24を具備し、複数中継スパン毎に利得等化装置26が配置される。中継スパン内の光増幅器24は、短波長側の信号光パワーが長波長側の信号光パワーより小さくなるように、各信号光を増幅する。利得等化装置26は、各信号光の光パワーを等しくする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の信号波長の第1の信号光及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を出力する光送信装置と、  
当該光送信装置から出力される当該第1及び第2の信号光を伝搬する光伝送路と、  
当該光伝送路から出力される当該第1及び第2の信号光を受信する光受信装置とからなる光伝送システムであって、  
当該光伝送路上で、当該第1の信号光の距離平均光パワーが当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さいことを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】 当該光伝送路上において、当該第2の信号光の光パワーと当該第1の信号光の光パワーの差が1以上の所定地点で減少し、当該所定地点以外では、当該第2の信号光の光パワーが当該第1の信号光の光パワーより大きい請求項2に記載の光伝送システム。

【請求項3】 当該光伝送路が、当該第1及び第2の信号光を増幅する1以上の光増幅器と、当該第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する1以上の光パワー差低減手段とを具備する請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項4】 当該光パワー差低減手段が、当該第1の信号光の光パワーと当該第2の信号光の光パワーを実質的に等しくする手段からなり、当該光増幅器は当該第2の信号波長の利得が当該第1の信号波長の利得よりも大きい増幅特性を具備する請求項3に記載の光伝送システム。

【請求項5】 当該光送信装置は、当該第1の信号光の光パワーを当該第2の信号光の光パワーよりも低くして、当該第1の信号光及び当該第2の信号光を当該光伝送路に出力する請求項1乃至4の何れか1項に記載の光伝送システム。

【請求項6】 当該光送信装置は当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の第3の信号波長の第3の信号光を出力し、且つ、当該光伝送路上で、当該第3の信号光の距離平均光パワーが、当該第1の信号光の距離平均光パワーより大きく、当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さい請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項7】 当該光送信装置は当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の互いに異なる信号波長の複数の信号光を出力し、且つ、当該光伝送路上で、各信号光の距離平均光パワーが隣接する短い信号波長の信号光の距離平均光パワー以上である請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項8】 第1の信号波長の第1の信号光、及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を光伝送路に出力する出力ステップと、  
当該光伝送路上で、当該第1の信号光の距離平均光パワーが当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さい状

態で当該第1の信号光及び当該第2の信号光が伝搬する伝搬ステップと、

当該光伝送路から出力される当該第1及び第2の信号光を受信する受信ステップとからなることを特徴とする光伝送方法。

【請求項9】 当該光伝送路上において、当該第2の信号光の光パワーと当該第1の信号光の光パワーの差が1以上の所定地点で減少し、当該所定地点以外では、当該第2の信号光の光パワーが当該第1の信号光の光パワーより大きい請求項8に記載の光伝送方法。

【請求項10】 当該光伝送路上で当該第1及び第2の信号光を実質的に等しい利得で増幅し、当該光伝送路上の1以上の所定地点で、当該第2の信号光の光パワーが当該第1の信号光の光パワー以上である範囲で当該第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する請求項8に記載の光伝送方法。

【請求項11】 当該光伝送路上で、当該第2の信号光の利得より小さい当該第1の信号光の利得で当該第1の信号光及び当該第2の信号光を増幅し、当該光伝送路上の1以上の所定地点で、当該第2の信号光の光パワーが当該第1の信号光の光パワー以上である範囲で当該第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する請求項8に記載の光伝送方法。

【請求項12】 当該光伝送路に出力される当該第1の信号光の光パワーが当該光伝送路に出力される当該第2の信号光の光パワーよりも低い請求項8乃至11の何れか1項に記載の光伝送システム。

【請求項13】 当該出力ステップが、当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の第3の信号波長の第3の信号光を光伝送路に出力し、当該伝搬ステップが、当該光伝送路上で、当該第3の信号光の距離平均光パワーが、当該第1の信号光の距離平均光パワーより大きく、且つ当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さい状態で当該第1の信号光、当該第2の信号光及び当該第3の信号光が伝搬し、当該受信ステップが、当該光伝送路から出力される当該第1、第2及び第3の信号光を受信する請求項8に記載の光伝送方法。

【請求項14】 当該出力ステップが、当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の互いに異なる信号波長の複数の信号光を出力し、当該伝搬ステップが、各信号光の距離平均光パワーを隣接する短い信号波長の信号光の距離平均光パワー以上にして各信号光を伝搬し、当該受信ステップが、当該光伝送路から出力される当該各信号光を受信する請求項8に記載の光伝送方法。

【請求項15】 第1の信号波長の第1の信号光及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を伝搬する光伝送路であって、  
当該第1の信号光の光パワーが当該第2の信号光の光パワーよりも小さくなる当該第1の波長の利得及び当該第2の波長の利得で、それぞれ当該第1及び第2の信号光

を光増幅する1以上の光増幅器と、所定間隔で配置され、当該所定間隔での当該第2の信号光の距離平均光パワーが当該第1の信号光の距離平均光パワー以上である範囲で当該第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する1以上の光パワー差低減手段とを具備することを特徴とする光伝送路。

【請求項16】 当該光パワー差低減手段が、当該第1の信号光の光パワーと当該第2の信号光の光パワーを実質的に等しくする手段からなり、当該光増幅器は当該第2の信号波長の利得が当該第1の信号波長の利得よりも大きい増幅特性を具備する請求項15に記載の光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システム及び方法並びに光増幅伝送路に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光増幅伝送路における光波長多重伝送では、各信号の伝送特性が同等となるように、光増幅器の利得波長特性をフラットにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】光ファイバでは一般的に、短波長における実効断面積が長波長における実効断面積より小さくなる。今後、非常に広い伝送帯域に亘って波長多重光伝送を行う場合、光ファイバの実効断面積の波長依存性を無視することができなくなる。すなわち、伝送帯域が広がるほど、長波長側と短波長側との間の実効断面積の差が大きくなり、その結果、長波長側と短波長側とで非線形効果による劣化に無視できない差が生じる。

【0004】そこで、本発明は、このような不都合を解消する光増幅伝送路及び光増幅伝送システムを提示することを目的とする。

【0005】本発明はまた、実効断面積の波長依存性に基づく伝送特性の差異を解消する光伝送システム及び方法並びに光増幅伝送路を提示することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光伝送システムは、第1の信号波長の第1の信号光及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を出力する光送信装置と、当該光送信装置から出力される当該第1及び第2の信号光を伝搬する光伝送路と、当該光伝送路から出力される当該第1及び第2の信号光を受信する光受信装置とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路上で、当該第1の信号光の距離平均光パワーが当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さいことを特徴とする。距離平均光パワーは、当該光伝送路上の所定の伝送距離における光パワーの平均を意味する。

【0007】このような構成により、光伝送路における第1の信号波長の実効断面積と第2の信号波長の実効断

面積、ひいては光パワー密度を近似又は等くすることができ、その結果、第1の信号光と第2の信号光の非線形作用も同程度になり、それぞれの伝送特性を同じにできる。

【0008】例えば、光伝送路上において、第2の信号光の光パワーと第1の信号光の光パワーの差を1以上の所定地点で低減しつつ、その所定地点以外では、第2の信号光の光パワーが第1の信号光の光パワーより大きくするようにする。

【0009】光伝送路が、第1及び第2の信号光を光増幅する1以上の光増幅器と、第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する1以上の光パワー差低減手段とを具備することで、容易に、第1の信号光と第2の信号光の光パワー間の上述の関係を実現できる。好ましくは、光パワー差低減手段は、第1の信号光の光パワーと第2の信号光の光パワーを実質的に等しくする手段からなり、光増幅器は第2の信号波長の利得が第1の信号波長の利得よりも大きい増幅特性を具備する。

【0010】光送信装置が、第1の信号光の光パワーを第2の信号光の光パワーよりも低くして、第1の信号光及び第2の信号光を光伝送路に出力するようにしても、第1の信号光と第2の信号光の強度平均光パワー間の上述の関係を実現できる。

【0011】より具体的には、光送信装置は当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の第3の信号波長の第3の信号光を出力する。そして、光伝送路上で、当該第3の信号光の距離平均光パワーが、当該第1の信号光の強度平均光パワーより大きく、当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さい。又は、光送信装置は当該第1の信号波長と当該第2の信号波長の間の互いに異なる信号波長の複数の信号光を出力し、且つ、当該光伝送路上で、各信号光の距離平均光パワーが隣接する短い信号波長の信号光の距離平均光パワー以上である。多チャネル伝送で、チャネル間の距離平均光パワーをこのように制御することで、各チャネルの実効断面積、惹いては伝送特性を均一化できる。

【0012】本発明に係る光伝送方法は、第1の信号波長の第1の信号光、及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を光伝送路に出力する出力ステップと、当該光伝送路上で、当該第1の信号光の距離平均光パワーが当該第2の信号光の距離平均光パワーより小さい状態で当該第1の信号光及び当該第2の信号光が伝搬する伝搬ステップと、当該光伝送路から出力される当該第1及び第2の信号光を受信する受信ステップとからなることを特徴とする。

【0013】これにより、光伝送路における第1の信号波長の実効断面積と第2の信号波長の実効断面積、ひいては光パワー密度を近似又は等くすることができ、その結果、第1の信号光と第2の信号光の非線形作用も同程度になり、それぞれの伝送特性を同じにできる。

【0014】例えば、光伝送路上の1以上の所定地点で第2の信号光の光パワーと第1の信号光の光パワーの差が減少し、光伝送路のこれら所定地点以外では、第2の信号光の光パワーが第1の信号光の光パワーより大きいようにする。

【0015】具体的には、光伝送路上で第1及び第2の信号光を実質的に等しい利得で増幅し、光伝送路上の1以上の所定地点で、当該第2の信号光の光パワーが当該第1の信号光の光パワー以上である範囲で第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する。又は、光伝送路上で、第2の信号光の利得より小さい第1の信号光の利得で第1の信号光及び第2の信号光を増幅し、光伝送路上の1以上の所定地点で、第2の信号光の光パワーが第1の信号光の光パワー以上である範囲で第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する。これにより、簡単に、光伝送路における第1の信号波長と第2の信号波長の光パワー密度を近似又は等くすることができ、その結果、第1の信号光と第2の信号光の非線形作用も同程度になり、それぞれの伝送特性を同じにできる。

【0016】第1の信号光の光パワーを第2の信号光の光パワーよりも低くして、第1の信号光及び第2の信号光を光伝送路に出力しても良い。

【0017】更には、第1の信号波長と第2の信号波長の間の第3の信号波長の第3の信号光を光伝送路に出力し、当該光伝送路上で、第3の信号光の距離平均光パワーが、第1の信号光の距離平均光パワーより大きく、且つ第2の信号光の距離平均光パワーより小さい状態で第1の信号光、第2の信号光及び第3の信号光が伝搬してもよい。又は、第1の信号波長と第2の信号波長の間の互いに異なる信号波長の複数の信号光を光伝送路に出力し、光伝送路上で、各信号光の距離平均光パワーを隣接する短い信号波長の信号光の距離平均光パワー以上にして各信号光を伝搬してもよい。このような関係で信号波長と光伝送路上での距離平均光パワーを規定することで、多チャネル伝送で各チャネルの実効断面積、惹いては伝送特性を均一化できる。

【0018】本発明に係る光伝送路は、第1の信号波長の第1の信号光及び当該第1の信号波長よりも長い第2の信号波長の第2の信号光を伝搬する光伝送路であって、当該第1の信号光の光パワーが当該第2の信号光の光パワーよりも小さくなる当該第1の波長の利得及び当該第2の波長の利得で、それぞれ当該第1及び第2の信号光を増幅する1以上の光増幅器と、所定間隔で配置され、当該所定間隔での当該第2の信号光の距離平均光パワーが当該第1の信号光の距離平均光パワー以上である範囲で当該第1及び第2の信号光の光パワー差を低減する1以上の光パワー差低減手段とを具備することを特徴とする。

【0019】この構成により、簡単に、光伝送路における第1の信号波長の実効断面積と第2の信号波長の実効

断面積、ひいては光パワー密度を近似又は等くすることができ、その結果、第1の信号光と第2の信号光の非線形作用も同程度になり、それぞれの伝送特性を同じにできる。

【0020】好ましくは、当該光パワー差低減手段が、当該第1の信号光の光パワーと当該第2の信号光の光パワーを実質的に等しくする手段からなり、当該光増幅器は当該第2の信号波長の利得が当該第1の信号波長の利得よりも大きい増幅特性を具備する。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0022】図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。10は波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光を波長多重して光伝送路12に出力する光送信端局であり、14は、光伝送路12を伝送した信号光を受信する光受信端局である。光伝送路12は、複数の中継スパンからなり、各中継スパンは、実効断面積の大きな光ファイバ20、実効断面積の小さな光ファイバ22及び光増幅器24からなる。信号光の入力側に実効断面積の大きな光ファイバ20を配置することで、非線形効果を低減できる。

【0023】所定数の中継スパン毎に、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光のパワーレベルを等しく又はほぼ等しくする利得等化装置26が配置される。利得等化装置26は、透過率が波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に依存して異なる光等化フィルタ28と各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光を増幅する光増幅器30からなる。光等化フィルタ28の透過率波長特性は、光増幅器30の利得波長特性を考慮して、利得等化装置26として所望の利得等化の波長特性になるように設定される。光受信端局14の直前に配置される利得等化装置26は、光受信端局14内に組み込まれることもある。

【0024】光増幅器24は、エルビウムドープファイバ光増幅器及び／又はラマン増幅器からなる。

【0025】本実施例では、図2に示すように、基本的には、光伝送路12上で、短い波長の信号光のパワーレベルを、長い波長の信号光のパワーレベルよりも低くする。図2で、横軸は波長、縦軸は光パワーレベルを示す。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_n$ はそれぞれ、信号波長帯の最短波長及び最長波長である。 $\lambda_c$ は信号波長帯の中央の波長である。これにより、信号波長帯内での光ファイバ20、22の実効断面積の差を小さく出来、理想的には、その実効断面積の差をゼロにできる。その結果、信号波長帯内の各信号光の非線形効果が等しくなり、全チャネルに対して同等の伝送特性が得られるようになる。例えば、10Gb/s  $\times$  100波長の光波長多重光伝送システムで、100チャンネルの全域で同じ伝送特性を得ることが可能になる。

【0026】このように、信号波長帯の各チャネルで等

しい伝送特性、より具体的には等しい実効断面積を得る具体的な方法として、以下の3つの方法が考えられる。

【0027】第1の方法では、光送信端局10が各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光を同じパワーレベルで出力するが、光伝送路12上の光増幅器24の増幅特性及び／又は利得等化装置26-1の利得等化特性を、最短波長 $\lambda_1$ のパワーレベルが最長波長 $\lambda_n$ のパワーレベルよりも小さくなるように波長に対して傾ける。

【0028】第2の方法では、光伝送路12上の光増幅器24の増幅特性及び利得等化装置26-1の利得等化特性を波長に対して平坦に設定し、光送信端局10が光伝送路12に出力する各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光において最短波長 $\lambda_1$ のパワーレベルを最長波長 $\lambda_n$ のパワーレベルよりも小さくする。

【0029】第3の方法では、光送信端局10が光伝送路12に出力する各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光において最短波長 $\lambda_1$ のパワーレベルを最長波長 $\lambda_n$ のパワーレベルよりも小さくしつつ、光伝送路12上の光増幅器24の増幅特性及び／又は利得等化装置26-1の利得等化特性を、最短波長 $\lambda_1$ の光パワーレベルが最長波長 $\lambda_n$ の光パワーレベルよりも小さくなるように波長に対して傾ける。第3の方法は、いわば、第1の方法と第2の方法を組み合わせたものになっている。

【0030】図3は、光伝送路12における最短波長 $\lambda_1$ 及び最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー変化を、中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）の信号光のパワーに対する相対値で示す一例の模式図である。縦軸は、中央チャンネルの光パワーに対する相対光パワーを示し、横軸は伝送距離を示す。実線40が中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）に対する信号光パワーの変化を示し、破線42が、最短の信号波長 $\lambda_1$ の光パワー変化を示し、一点鎖線44が最長信号波長 $\lambda_n$ の光パワーの変化を示す。いうまでもないが、実線40は、一定値0を示す。

【0031】図3に示す例では、利得等化装置26は、全チャンネルの信号光パワーを一致させる。そして、利得等化装置26、26間の光増幅伝送路上では、常に、中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）より短い信号波長の光パワーは、中央波長 $\lambda_c$ との波長差に比例した量だけ、中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）の光パワーよりも小さく、逆に、中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）より長い信号波長の光パワーは、中央波長 $\lambda_c$ との波長差に比例した量だけ、中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）の光パワーよりも大きくなる。

【0032】光伝送路12上で長波長側の信号光パワーが短波長側の信号光パワーより大きい状態を維持する手段として、ラマン利得を利用できる。これは、短波長の光パワーが長波長側にシフトする現象であり、これにより、長波長の光パワーを短波長の光パワーより大きい状態に維持できる。例えば、米国特許第5847862号公報又はこれに対応する特開平9-8730号公報を参

照されたい。

【0033】図4は、ラマン利得を利用した場合の、光伝送路12における最短波長 $\lambda_1$ 及び最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー変化例の模式図を示す。図4でも、縦軸は、中央チャンネルの光パワーに対する相対光パワーを示し、横軸は伝送距離を示す。実線50が中央チャンネル（信号波長 $\lambda_c$ ）に対する信号光パワーの変化を示し、破線52が、最短の信号波長 $\lambda_1$ の光パワー変化を示し、一点鎖線54が最長信号波長 $\lambda_n$ の光パワーの変化を示す。ここでも、実線50は一定値0を示す。利得等化装置26全チャンネルの利得を同じに補正する特性を具備する場合でも、追加されたラマン利得によりチャンネル間に光パワー差が残る。

【0034】利得等化装置26の直後において一時的に、最長波長 $\lambda_n$ の信号光パワーが最短波長 $\lambda_1$ の信号光パワーよりも小さくなくなっても、途中の光増幅器24及びラマン利得の利得波長特性を調整して、利得等化装置26、26間での平均的な光パワーが図2に示すような特性を示すようにすることで、同様の作用効果を得ることができる。この場合の光パワー変化例を図5に示す。

【0035】2つの波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_n$ 間の非線形効果が等しくなるように、利得等化装置26、26間での2つの波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_n$ の距離平均光パワーの最適な差を決定する方法を説明する。

【0036】第1の方法では、非線形効果の主要量を占める非線形位相シフト量（自己位相変調による位相シフト量）を算出し、その差に応じた量の光パワー差になるように、利得等化装置26の利得の波長依存性及び利得等化装置26、26間の利得の波長依存性を調整する。ある伝送距離における非線形位相シフト量は下記式で与えられる。すなわち、

$$\int n_2 \omega P e^{-\alpha z} / (c \cdot A_{eff}(\lambda)) dz$$

但し、 $n_2$ は非線形定数、 $\omega$ は信号の角周波数、 $c$ は光の速度、 $A_{eff}(\lambda)$ は波長 $\lambda$ における実効断面積、 $P$ は光ファイバへの入力光パワー、 $\alpha$ は光ファイバの損失係数、 $z$ は信号光の伝搬方向である。

【0037】例えば、1中継スパンの前半を単一モード光ファイバ（SMF）、後半を分散補償ファイバ（DCF）とした光ファイバ伝送路において、60nm間隔の信号光の位相シフト量の差は約0.35dBであった。利得等化装置26を10中継おきに配置すると仮定した場合、最短波長 $\lambda_1$ の信号光は、最長波長 $\lambda_n$ の信号に比べて約3.5dB（2.2倍）の非線形効果を受けることになる。そこで、本実施例では、利得等化装置26、26間での最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー積分値を、最短波長 $\lambda_1$ の信号光のそれよりも3.5dBだけ大きくする。実際には、上式に含まれない非線形効果もあるので、その差を3.5dB以上とするのが適当である。

【0038】第2の方法では、1中継スパンの前半を実

効断面積の大きい光ファイバとし、後半を実効断面積の小さい光ファイバというように1中継スパンを2種類の光ファイバで構成する場合、実効断面積の小さい光ファイバの方が、実効断面積の波長依存性が大きい。そこで、実効断面積の小さい光ファイバの実効断面積の波長依存性を補償するように利得等化装置26の利得等化特性を設定する。例えば、1中継スパンで、伝送帯域60nmにおいて約0.7dBに相当する実効断面積の差がある場合、これを補償するように利得等化装置26の利得等化特性を設定する。例えば、利得等化装置26が10中継おきに配置される場合、利得等化装置26の伝送帯域内での利得差を7dBとする。但し、これは、非線形効果の差が最大である場合を仮定しているので、実際には、7dB以下とするのが適当である。

【0039】このように、伝送途中で非線形耐力の小さな短波長側の信号の、利得等化区間内での距離平均光パワーを長波長側のそれに比べて常に低くなるように信号光パワーを管理することにより、短波長側の光信号の非線形効果による伝送劣化を低減できる。その結果、波長多量光信号の全チャネルについて同等で良好な伝送特性が得られる。

【0040】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、波長分割多重光伝送において、各波長チャネルで同等の伝送特性を得やすくなる。これにより、例えば10Gbps×100チャネルといった超

広帯域の長距離光伝送システムを実現しやすくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 光伝送路12上での信号パワー分布を示す模式図である。

【図3】 光伝送路12における最短波長 $\lambda_1$ 及び最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー変化を、中央チャネル(信号波長 $\lambda_c$ )の信号光のパワーに対する相対値で示す一例の模式図である。

【図4】 光伝送路12における最短波長 $\lambda_1$ 及び最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー変化の別例の模式図である。

【図5】 光伝送路12における最短波長 $\lambda_1$ 及び最長波長 $\lambda_n$ の信号光の光パワー変化の更に別例の模式図である。

【符号の説明】

10: 光送信端局

12: 光伝送路

14: 光受信端局

20: 実効断面積の大きな光ファイバ

22: 実効断面積の小さな光ファイバ

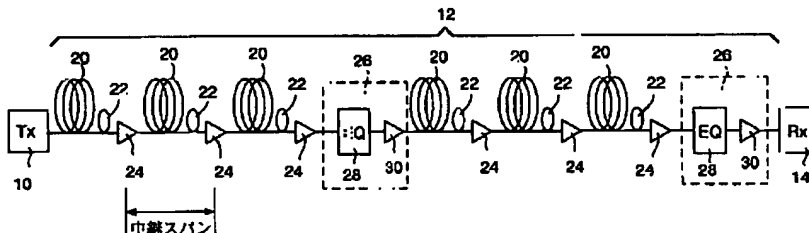
24: 光増幅器

26: 利得等化装置

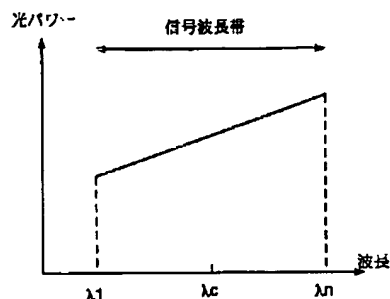
26: 光等化フィルタ

30: 光増幅器

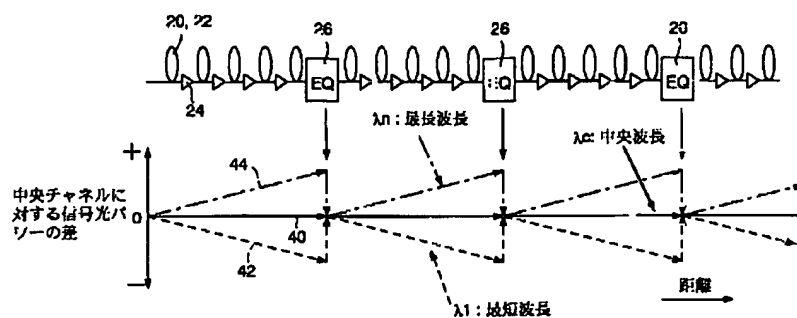
【図1】



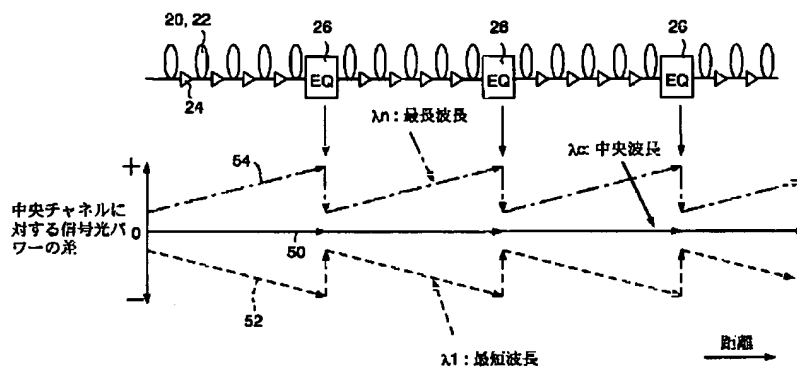
【図2】



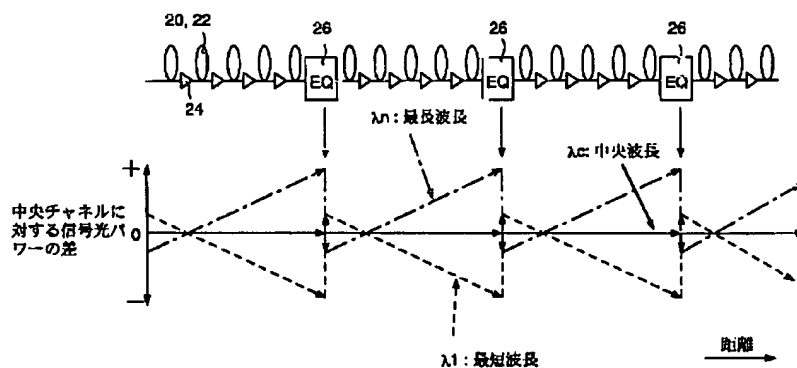
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
H04J 14/02

識別記号

F I

(参考)

!(8) 001-345758 (P2001-345758A)

(72)発明者 山田 祐一  
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内  
(72)発明者 枝川 登  
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内

(72)発明者 鈴木 正敏  
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内  
Fターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 CA15 DA10  
HA23  
5F072 AB09 AK06 JJ20 KK30 QQ07  
5K002 AA01 AA03 AA06 CA10 CA13  
DA02 FA01